

Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga menggunakan *Software* HOMER untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam

Ibnu Kahfi Bachtiar¹, Mhd. Syafik

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

¹Corresponding author, e-mail: kahfi@umrah.ac.id

Abstrak

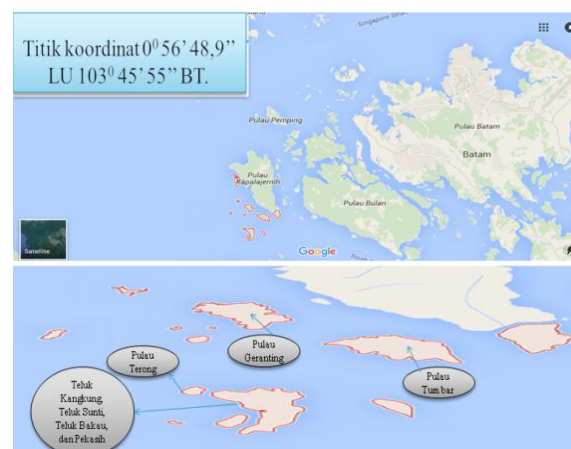
Kebutuhan energi listrik menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat khususnya di Pulau Terong Kota Batam. Jumlah pelanggan yang menikmati listrik PLN adalah 514 pelanggan. Energi listrik yang dirasakan oleh masyarakat masih belum optimal, karena pembangkit beroperasi rata-rata 14 jam perhari. Untuk dapat mengoptimalkan energi listrik, maka dilakukan suatu perancangan pembangkit listrik memanfaatkan energi surya. Perancangan ini difokuskan pengguna daya 450 dan 900 VA menggunakan *software Hybrid Optimization Model for Electric Renewable* (HOMER). Perancangan menjadi dua sistem yaitu *on grid* dan *off grid*. HOMER akan melakukan simulasi, optimalisasi, dan sensitivitas pada perancangan. Hasil perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan HOMER untuk kategori 450 VA *on grid* merekomendasikan sistem yang terdiri dari PV 1 kWp, battery 2 unit, dan inverter 3 kW dengan total biaya NPC sebesar US\$1.634, sedangkan untuk sistem *off grid* terdiri dari 2 kWp, Battery 5 unit, dan Inverter 3 kW dengan total biaya NPC sebesar US\$5.378. Kategori 900 VA *on grid* terdiri dari PV 1,5 kWp, battery 2 unit, dan inverter 3 kW dengan total biaya NPC sebesar US\$7.361, sedangkan untuk sistem *off grid* terdiri dari 2,5 kWp, Battery 15 unit, dan Inverter 3 kW dengan total biaya NPC sebesar US\$12.116.

Kata kunci: PLTS, *on grid*, *off grid*, HOMER

I. PENDAHULUAN

Kelurahan Pulau Terong merupakan salah satu Kelurahan di Kecamatan Belakang Padang Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau (Kepri) dengan titik koordinat 0° 56' 48,9" Lintang Utara (LU) 103° 45' 55" Bujur Timur (BT). Pulau ini terletak di bagian selatan dari wilayah Kecamatan Belakang Padang dan berbatasan dengan Kabupaten Karimun. Kelurahan Pulau Terong terdiri dari 7 desa diantaranya, Pulau Terong (pusat desa), Teluk Sunti, Teluk Kangkung, Teluk Bakau, Pekasih, Geranting, dan Pulau Tumbur. Kelurahan tersebut dihuni oleh 946 kepala keluarga yang mayoritas profesi penduduknya adalah sebagai nelayan.

Peta Kelurahan Pulau Terong



Gambar 1. Peta Kelurahan Pulau Terong

Sejak tahun 1996 hingga sekarang Kelurahan tersebut sudah mendapat

pasokan listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan menggunakan pembangkit generator diesel berkapasitas 200 kW. Jumlah pelanggan yang menikmati listrik PLN adalah 514 pelanggan dengan kategori daya yang terpasang terdiri dari 450, 900, 1300, 2200, dan 3500 *Volt Ampere* (VA). Tetapi energi listrik yang dirasakan oleh masyarakat masih belum optimal, karena pembangkit beroperasi rata-rata 14 jam sehari.

Salah satu potensi energi terbarukan yang terdapat di kelurahan Pulau Terong adalah energi matahari dan angin. Berdasarkan data yang diperoleh dari *website National Aeronautics and Space Administration* (NASA), rata-rata radiasi matahari di Pulau Terong sekitar 4,45 kWh/m²/d sedangkan rata-rata kecepatan angin sekitar 2,5 m/s. Potensi energi yang dapat dimanfaatkan berdasarkan data tersebut adalah energi matahari.

Pemanfaatan energi matahari dapat dilakukan dengan menggunakan panel surya (*solar module*). Panel surya akan mengkonversikan radiasi dari matahari menjadi energi listrik secara langsung, sehingga dapat diterapkan untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga. Dalam perancangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk skala rumah tangga membutuhkan perhitungan yang akurat agar biaya ke depan tetap ekonomis, efektif, dan efisien. Oleh karena itu, diperlukan suatu alat bantu yang dapat melakukan proses simulasi dan optimalisasi, supaya perancangan dapat terpenuhi. Perangkat atau *tool* yang dapat melakukan fungsi tersebut adalah berupa *software* HOMER.

Studi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah rancangan implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala rumah tangga untuk masyarakat di Kelurahan Pulau Terong. Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa *software* HOMER (*Hybrid Optimization Model For Electric Renewable*).

Ade Irawan, et. al., (2013) melakukan penelitian tentang perencanaan sistem pembangkit listrik hibrida di Pulau Panjang Kelurahan Sijantung Kecamatan Galang Provinsi Kepulauan Riau.. Dengan menggunakan kombinasi pembangkit listrik dari energi terbarukan (panel surya) dan energi fosil (generator diesel) didapati hasil yang paling optimal adalah ketika menggunakan panel surya 30 kW, generator diesel 60 kW, *battery* 80 unit (2 V, 1000 Ah), dan konverter 30 kW, karena biaya *net present cost* (NPC) paling rendah. Simulasi tersebut menunjukkan dengan kontribusi listrik dari PV 27% dapat menurunkan biaya operasional 86% dibanding sistem hanya menggunakan generator diesel.

Optimalisasi perancangan *solar home system* menggunakan *software* HOMER juga dilakukan oleh Muhibbur Rahman (2012). Perancangan tersebut dilakukan dengan dua cara yaitu perancangan secara manual dan perancangan menggunakan *software* HOMER. Kedua perancangan tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing – masing. Perancangan secara manual menunjukkan hasil yang lebih ekonomis, akan tetapi sangat rentan terhadap *outage*. Sedangkan perancangan yang menggunakan HOMER, didapati hasil yang lebih handal dan optimal, tetapi memiliki biaya yang lebih besar dibandingkan perancangan manual. Hal tersebut dikarenakan HOMER akan memperkirakan berbagai variasi kenaikan beban dan kondisi matahari yang terendah.

Sabhan Kanata dan Rifriyanto Buhohang (2014) juga melakukan pemodelan pembangkit listrik hibrida berbasis energi terbarukan di desa Pinolosian Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan Provinsi Sulawesi Utara dengan menggunakan *software* HOMER. Studi ini mengusulkan pembangkit hibrida di desa Pinolosian yang terdiri atas PV dan *Microhydro* dengan tujuan dapat memenuhi kebutuhan listrik perharinya. Hasil simulasi yang paling optimal ditunjukkan ketika sistem

terkoneksi ke grid dengan konfigurasi yang terdiri dari PV 13,9 kW, 54,6 kW *hydro*, 1 unit *battery*, dan 6 kW *inverter*. Biaya *net present cost* (NPC) untuk sistem tersebut adalah US\$181.440.

II. METODE PENELITIAN

1. Software HOMER

Perangkat lunak HOMER ini dikembangkan oleh *The National Renewable Energy Laboratory* (NREL), USA yang bekerjasama dengan *Mistaya Engineering*, dimana hak ciptanya dilindungi oleh *Midwest Research Institute* (MRI) dan digunakan oleh Departemen Energi Amerika Serikat (DOE). HOMER digunakan untuk mendesain sistem pembangkit listrik hibrida dengan menggabungkan energi konvensional dan energi terbarukan.

Software HOMER mempermudah evaluasi desain sistem pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik (*On Grid*) ataupun tidak (*Off Grid*). Perangkat Lunak ini melakukan perhitungan keseimbangan energi untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan. Kemudian menentukan konfigurasi yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik di bawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya modal, penggantian, operasi dan pemeliharaan, bahan bakar, dan bunga.

Kelebihan perangkat lunak ini adalah penggunaannya mudah, bisa melakukan simulasi, mengoptimasi suatu model kemudian secara otomatis bisa menemukan konfigurasi sistem optimum yang bisa mensuplai beban dengan biaya sekarang (NPC) terendah, dan bisa menggunakan parameter sensitifitas untuk hasil yang lebih bagus dan akurat (Tom Lambert, *et. all.*, 2006).

Berikut adalah beberapa parameter di HOMER:

a. Biaya Net Total Masa Kini (*Total Net Present Cost / NPC*)

Biaya Net Total Masa Kini (*Total Net Present Cost / NPC*) adalah keluaran ekonomi yang paling utama untuk nilai suatu sistem PLTH, HOMER akan mengurutkan data hasil keluaran simulasi dan optimasi berdasarkan nilai NPC terendah. Total NPC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{NPC} = \frac{C_{ann, tot}}{CRF(i, R_{proj})} \quad (2.1)$$

dengan :

$C_{ann, tot}$ = total biaya tahunan (\$/tahun)

$CRF()$ = faktor penutupan modal

i = suku bunga (%)

R_{proj} = lama waktu suatu proyek

N = jumlah tahun

Sedangkan faktor penutupan modal bisa didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CRF(i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (2.2)$$

b. Suku Bunga Tahunan (*interest rate*)

Suku bunga tahunan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Interest rate } (i) = \frac{i' - f}{1 + f} \quad (2.3)$$

i = suku bunga real

i' = suku bunga nominal

f = tingkat inflasi tahunan

c. Syarat Batas Biaya Energi (*Levelized Cost of Energy*)

Levelized Cost of Energy (COE) didefinisikan sebagai biaya rata-rata per kWh produksi energi listrik yang terpakai oleh sistem. Untuk menghitung COE biaya produksi energi listrik tahunan dibagi dengan total energi listrik terpakai yang diproduksi. Berikut adalah persamaannya:

$$COE = \quad (2.4)$$

d. Initial Capital

Adapun komponen atau perangkat yang terdapat dalam sistem PLTS terdiri dari panel surya, *battery*, dan *inverter*. Biaya modal awal untuk pengadaan

komponen tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{Biaya modal awal} = \text{Biaya PV} + \text{Biaya Battery} + \text{Biaya Inverter} \quad (2.5)$$

$$\text{Biaya PV} = \text{Jumlah unit PV} \times \text{Harga PV per unit} \quad (2.6)$$

$$\text{Biaya Battery} = \text{Jumlah unit Battery} \times \text{Harga Battery per unit} \quad (2.7)$$

$$\text{Biaya Inverter} = \text{Jumlah unit Inverter} \times \text{Harga Inverter per unit} \quad (2.8)$$

e. Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan biaya tahunan operasi dan pemeliharaan suatu komponen. HOMER akan menampilkan biaya operasional setiap komponen dalam suatu halaman biaya hasil simulasi. Biaya operasional dapat dihitung dengan menjumlahkan biaya O&M (\$/yr) dan biaya pergantian komponen atau *replacement* (\$/yr).

$$\text{Biaya operasional / tahun} = \text{O\&M grid} (\$/\text{yr}) + \text{replacement} (\$/\text{yr}) \quad (2.9)$$

f. Produksi listrik panel surya

HOMER menghitung produksi panel surya dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$P_{PV} = Y_{PV} \cdot f_{PV} [1 + \alpha_p (T_c - T_{c,STC})] \quad (2.10)$$

Dimana :

Y_{PV} : Kapasitas PV [kW]

f_{PV} : *Derating factor* PV [%]

G_T : radiasi matahari [kW/m²]

$G_{T,STC}$: *Radiation at Standart Test Conditions* [1 kW/m²]

α_p : *Temperature coefficient of power* [%/°C]

T_c : *PV cell temperature* [°C]

$T_{c,STC}$: *PV cell temperature under standard test conditions* [25 °C]

2. PLTS On Grid

PLTS *On Grid* merupakan model yang terdiri dari dua sumber energi yaitu *solar panel* dan jaringan listrik PLN. Penggunaan *solar panel* / PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik digunakan untuk mensuplai energi listrik di rumah tangga selama 24 jam, karena

energi listrik yang disediakan oleh *Grid* PLN di lokasi penelitian hanya 14 jam sehari. Dengan rancangan implementasi seperti ini diharapkan dapat mengurangi pemakaian energi listrik dari jaringan listrik PLN dengan mengoptimalkan pemakaian energi terbarukan (PLTS) yang diterapkan pada rumah tangga. Pemodelan sistem PLTS *On Grid* dalam rancangan ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

3. PLTS Off Grid

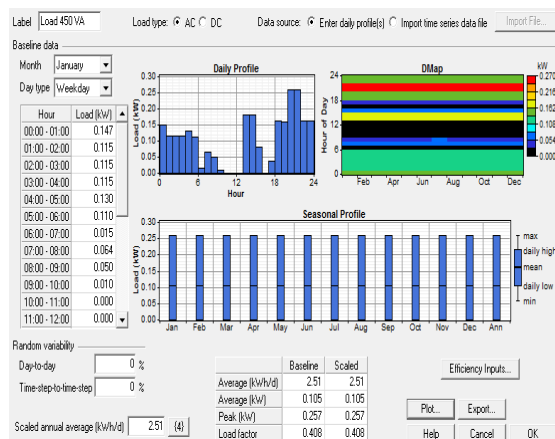
PLTS *Off Grid* disebut juga dengan *stand-alone pv* merupakan sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu - satunya sumber energi utama. Untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan pada rumah tangga, maka digunakan rangkaian *photovoltaic modul*. Sistem ini biasanya diterapkan pada daerah yang tidak mendapat pasokan listrik PLN. Adapun model dari sistem PLTS *Off Grid* dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

2. Primary Load

a. Load 450 Volt Ampere (VA)

Jumlah pengguna untuk kategori daya ini adalah 145 pelanggan. Konsumsi beban harian untuk kategori daya 450 VA di Kelurahan Pulau Terong sangat bervariasi, diantaranya 2,275 kWh/d, 2,99 kWh/d, dan 3,66 kWh/d. Jumlah konsumsi tersebut didapat dari hasil pengolahan data penjualan listrik ke pengguna 450 VA. Data tersebut didapat dari PLN Rayon Belakang Padang yang merupakan Sub Ranting Pulau Terong.

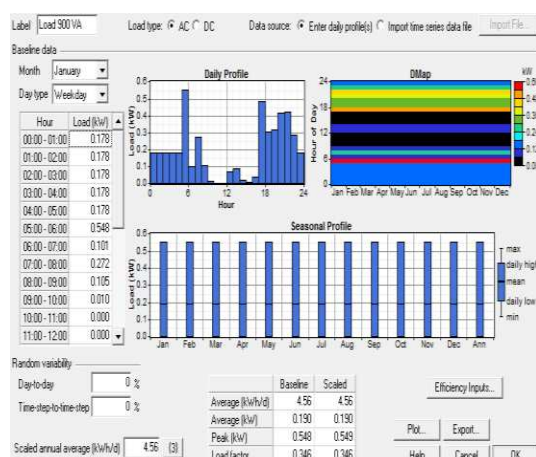
Jumlah rata – rata konsumsi beban listrik harian untuk kategori ini mencapai 2,51 kWh/d dengan rata – rata konsumsi perjam sebesar 0,105 kWh. Beban puncak atau pemakaian tertinggi dari gambar tersebut terjadi pada pukul 21.00 – 22.00 dengan pemakaian sebesar 0,257 kWp. Jumlah konsumsi beban harian tersebut mendekati dengan jumlah konsumsi beban harian yang dibuat dari data PLN.



Gambar 2. Load 450 VA

b. Load 900 Volt Ampere (VA)

Berdasarkan data dari PLN Rayon Belakang Padang, jumlah pengguna daya 900 VA yang terdapat di Kelurahan Pulau Terong adalah 312 rumah tangga. Dengan jumlah konsumsi beban harian sekitar 4,5 kWh/d dan 5,2 kWh/d. Nilai tersebut diperoleh dari pengolahan data penjualan listrik PLN untuk daya 900 VA, sedangkan untuk data konsumsi beban selama satu tahun yang di masukkan ke dalam *input load* adalah data asumsi yang mendekati dengan data PLN. Jumlah rata – rata konsumsi beban listrik harian adalah 4,56 kWh/d, dengan rata – rata konsumsi perjam 0,190 kWh. Pemakaian tertinggi terjadi pada pukul 06.00 dengan daya beban sebesar 0,548 kWp.



Gambar 3. Load 900 VA

3. Grid (Jaringan Listrik)

Penggunaan kWh prabayar di PLN subranting Pulau Terong sudah 100 %, maka harga jual listrik PLN untuk

konsumen rumah tangga golongan tarif R-1/ TR dengan kategori daya 450 VA adalah Rp415/kWh atau US\$ 0.031, sedangkan untuk kategori daya 900 VA adalah Rp605/kWh atau setara dengan US\$ 0.045. Harga jual tersebut diterapkan untuk pengguna kWh prabayar. Harga penjualan energi listrik yang berlebih ke *grid* adalah sebesar US\$0,089.

4. Solar Resources

Data radiasi matahari yang dimasukkan ke dalam HOMER adalah data radiasi yang di dapat dari *website* NASA pada tahun 2005 (<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/>). Dengan memasukkan data geografis berupa *latitude* dan *longitude* Kelurahan Pulau Terong, maka *database website* tersebut secara otomatis menampilkan data radiasi selama setahun dalam bentuk tabel. Data tersebutlah yang di *input* ke dalam HOMER secara manual. Selain data radiasi dari NASA, data rata-rata radiasi dari BMKG Hang Nadim Kota Batam tahun 2011 (Ade Irawan, 2013) juga dimasukkan ke dalam sensitifitas *solar resource*.

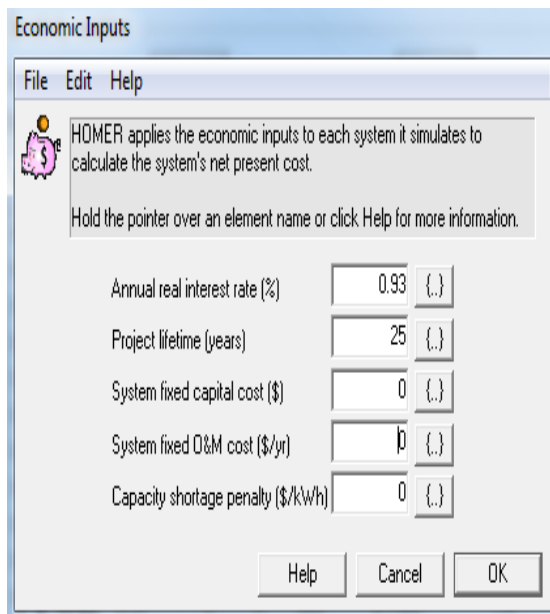
Tujuan digunakan dua sumber data tersebut yaitu untuk melakukan pendekatan persetujuan. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai selisih untuk rata-rata radiasi tahunan yang tidak begitu besar. Rata-rata radiasi tahunan dari data NASA adalah 4,45 kWh/m²/d dan rata-rata radiasi tahunan dari BMKG Hang Nadim Kota Batam adalah 4,603 kWh/m²/d.



Gambar 4. Data Radiasi Matahari

6. Economics

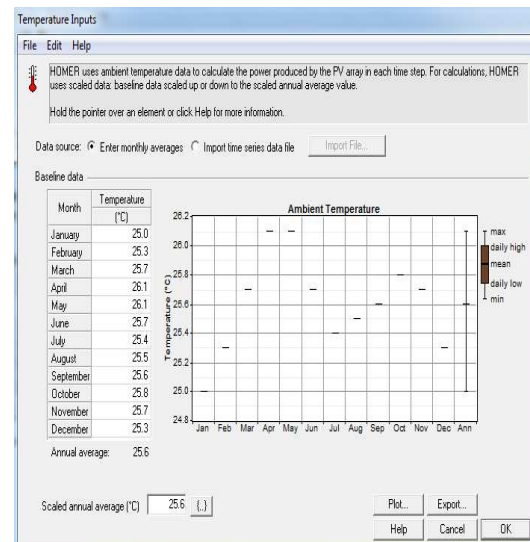
Parameter ekonomi pada HOMER terdiri dari beberapa variabel seperti suku bunga tahunan (%), Masa pakai sistem (tahun), biaya perawatan (\$/tahun), biaya keseluruhan (\$), dan denda kekurangan kapasitas (\$/kWh). Namun, dalam perancangan ini hanya dua *variabel* yang dimasukkan ke dalam *economic inputs*. Dua variabel tersebut yaitu, suku bunga tahunan (%) dan masa pakai sistem (tahun).



Gambar 5. Data *economic inputs*

5. Temperature Input

Data *temperature* dibutuhkan HOMER ketika mempertimbangkan pengaruh panel surya terhadap *temperature*. Data *temperature* diperoleh sama halnya dengan data radiasi matahari yaitu dari website NASA. Rata-rata temperatur udara tahunan di Pulau Terong adalah 25,6°C, dengan *temperature* bulanan tertinggi terjadi pada bulan April dan Mei yaitu sebesar 26,1°C dan *temperature* terendah terjadi pada bulan Januari yaitu sebesar 25°C.



Gambar 6. *Temperature input*

III. HASIL SIMULASI

Hasil simulasi HOMER menunjukkan banyak konfigurasi dari beberapa komponen yang dikombinasikan. Konfigurasi yang paling optimal akan menjadi pilihan utama dalam simulasi HOMER, karena hasil yang optimal akan dapat memenuhi kebutuhan listrik skala rumah tangga secara kontinyu di Kelurahan Pulau Terong. HOMER akan menampilkan hasil berdasarkan nilai NPC yang terendah hingga nilai NPC yang tertinggi.

Simulasi yang dirancang menggunakan HOMER dalam penelitian ini terdiri dari dua kategori pengguna daya yaitu 450 VA dan 900 VA. Perancangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk skala rumah tangga tersebut dibuat menjadi dua sistem, yaitu sistem PLTS yang terhubung ke jaringan listrik PLN (*on grid*) dan sistem PLTS yang hanya berdiri sendiri (*off grid*). Berikut adalah rangkuman hasil simulasi dari dua jenis kategori dan dua sistem yang dirancang menggunakan HOMER:

Tabel 1. Rangkuman Hasil Simulasi

Kategori Sistem	Grid	PV (kW)	Bat (Unit)	Inv (kW)	Initial Capital (\$)	Operating Cost (\$/y)	NPC (\$)	COE (\$/kWh)	Ren. Frac. (%)
450 VA on grid	200	1	2	3	3.174	-69	1.634	0,08	22
450 VA off grid		2	5	3	6.462	40	7.361	0,362	100
900 VA on grid	200	1,5	2	3	4.269	50	5.378	0,145	27
900 VA off grid		2,5	15	3	11.217	40	12.116	0,328	100

VI. PEMBAHASAN

Sistem PLTS *on grid* untuk kategori daya 450 VA yang paling optimal ditunjukkan dengan kontribusi PV 1 kWp, *battery* 2 unit, dan *inverter* 3 kW. Kontribusi tersebut menyumbang peran dalam memenuhi kebutuhan beban listrik sebesar 22 % dengan konsumsi beban harian 2,51 kWh/d. Namun, produksi listrik yang dihasilkan oleh PV melebihi dari konsumsi beban yang disuplai. Biaya yang paling besar adalah biaya awal pengadaan komponen yaitu sebesar US\$3.174. Biaya tersebut terbilang cukup mahal, tetapi dengan adanya sistem *on grid*, biaya tersebut akan tertutupi dengan keuntungan penjualan listrik energi terbarukan (PV) ke jaringan listrik PLN. Karena tarif penjualan energi listrik dari konsumen yang menggunakan energi terbarukan jauh lebih besar dibandingkan tarif penjualan listrik dari PLN yang masih menggunakan energi konvensional. Biaya total yang harus dibayar selama masa proyek (25 tahun) untuk konfigurasi ini yaitu sebesar US\$1.634 atau setara dengan Rp22.067.170. Biaya tersebut akumulasi untuk masa 25 tahun, sedangkan untuk biaya total per harinya adalah Rp2.418. Selain itu, dengan penggunaan *battery* lebih dari 1 unit dapat menurunkan biaya operasional dan memperkecil biaya NPC dibandingkan penggunaan *battery* hanya 1 unit. Karena dengan penggunaan *battery* yang lebih dari 1 unit dapat menyimpan energi listrik yang lebih besar. Kemudian energi yang disimpan di dalam *battery*

dijual kembali ke grid (PLN). Semakin besar energi listrik yang dijual ke PLN, maka semakin besar keuntungan yang didapat. Proses transaksi jual beli inilah yang mempengaruhi besar kecilnya biaya operasional dan NPC.

Sistem PLTS 450 VA yang tidak terkoneksi ke *grid* memiliki akumulasi biaya yang jauh lebih besar dibandingkan dengan sistem yang terkoneksi ke *grid*. Sistem yang paling optimal ditunjukkan dengan kontribusi PV 2 kWp, *battery* 5 unit, dan *inverter* 3 kW. Dengan menggunakan kontribusi tersebut, maka kebutuhan listrik pengguna kategori 450 VA dengan rata-rata konsumsi beban harian 2,51 kWh/d akan 100 % terpenuhi. Biaya yang paling besar adalah biaya awal pengadaan komponen yaitu sebesar 88 % dari total biaya NPC, dan biaya operasional sebesar 0,54 % pertahun. Komponen yang paling banyak membutuhkan biaya adalah PV yaitu memerlukan biaya sebesar 59 % dari total biaya NPC, *battery* 25 %, dan *inverter* 3,4 %. Sedangkan untuk biaya pergantian komponen seperti *inverter* memerlukan biaya sebesar 12 % dari total NPC karena melakukan pergantian sebanyak empat kali selama masa proyek 25 tahun.

Sistem PLTS *on grid* untuk kategori 900 VA yang paling optimal dengan rata-rata konsumsi beban harian 4,56 kWh/d ditunjukkan dengan kontribusi PV 1,5 kWp, *battery* 2 unit, dan *inverter* 3 kW. Pemilihan konfigurasi tersebut berdasarkan produksi listrik yang dihasilkan dari PV. Produksi listrik dari PV harus melebihi dari konsumsi beban yang ingin disuplai. Biaya awal untuk pengadaan komponen dari konfigurasi tersebut yaitu sebesar 73 % dari total biaya NPC, dan biaya operasional sebesar 0,9 % pertahun. Biaya untuk pergantian komponen yaitu sebesar 17 % dari total biaya NPC, kemudian diikuti dengan biaya pembelian listrik ke PLN selama masa proyek yaitu sebesar 4 %.

Sistem PLTS *off grid* yang paling optimal untuk kategori 900 VA

ditunjukkan dengan menggunakan kontribusi PV 2,5 kWp, *battery* 15 unit, dan *inverter* 3 kW. Dengan menggunakan kontribusi tersebut, maka kebutuhan listrik pengguna kategori 900 VA dengan rata-rata konsumsi beban harian 4,56 kWh/d akan 100 % terpenuhi. Biaya awal pengadaan komponen untuk konfigurasi tersebut adalah sebesar 92 % dari total biaya NPC, dan biaya operasional sebesar 0,3 % pertahun. Komponen yang paling banyak membutuhkan biaya adalah *battery* dan PV yaitu memerlukan biaya sebesar 45 % dari total biaya NPC, dan *inverter* 2 %. Sedangkan untuk biaya pergantian komponen seperti *inverter* memerlukan biaya sebesar 7 % dari total NPC karena melakukan pergantian sebanyak empat kali selama masa proyek 25 tahun.

IV. KESIMPULAN

Hasil perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan HOMER untuk kategori 450 VA *on grid* merekomendasikan sistem yang terdiri dari PV 1 kWp, *battery* 2 unit, dan inverter 3 kW dengan total biaya NPC sebesar US\$1.634, sedangkan untuk sistem *off grid* terdiri dari 2 kWp, *Battery* 5 unit, dan Inverter 3 kW dengan total biaya NPC sebesar US\$5.378. Kategori 900 VA *on grid* terdiri dari PV 1,5 kWp, *battery* 2 unit, dan inverter 3 kW dengan total biaya NPC sebesar US\$7.361, sedangkan untuk sistem *off grid* terdiri dari 2,5 kWp, *Battery* 15 unit, dan Inverter 3 kW dengan total biaya NPC sebesar US\$12.116.

Biaya total keseluruhan sistem PLTS selama masa proyek (NPC) untuk sistem yang terkoneksi ke jaringan listrik (*on grid*) jauh lebih kecil dibandingkan biaya NPC dari sistem PLTS yang hanya berdiri sendiri (*off grid*). Hal ini dikarenakan pada sistem *on grid* terdapat transaksi jual beli energi listrik. Sehingga biaya NPC dapat diperkecil dari keuntungan jual beli energi listrik tersebut.

Pada sistem 450 VA dan 900 VA baik *on grid* ataupun *off grid*, kenaikan radiasi matahari sekitar 0,153 kWh/m²/d tidak

terlalu signifikan terhadap perubahan sistem. Sehingga konfigurasi sistem tidak mengalami perubahan. Namun apabila terjadi penurunan atau kenaikan konsumsi beban, maka konfigurasi dan biaya ekonomi akan mengalami perubahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ade Irawan, dkk. (2013). “*Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Hibrida di Pulau Panjang Menggunakan Software HOMER*”. UMRAH. Tanjungpinang.
- [2] Aladdin Solar, LLC. (2008). *Photovoltaic systems create direct current (DC) electricity from sunlight*, <http://www.aladdinsolar.com/pvsystems.html>, diakses pada 31 Juli 2016.
- [3] Battery Guru. (2016). *Vision VRLA 6FM200D 12V 200Ah Industrial Battery*, <http://batteryguru.com.au/Vision-VRLA-6FM200D> diakses pada 31 Juli 2016.
- [4] Dewi Purnama Sari dan Refdinal Nazir. (2015). “*Optimalisasi Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Diesel Generator dan Photovoltaic Array Menggunakan HOMER*”. Universitas Andalas. ISSN: 2302 – 2949.
- [5] Hani S. Alganahi, dkk. (2009). *Experimental study of using renewable energy in yemen. Australian journal of basic and applied sciences* 3 (4), 4170-4174.
- [6] Handini, W. (2010). “*Analisis Hasil Simulasi Perangkat Lunak Homer dan Vipor Pada Studi Kasus Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Wilayah Bengkulu*”.

- Lampung Barat”. Universitas Indonesia. Depok.
- [7] Juwito Arif Febriansyah dan Tarcicius Haryono. (2013). *“Optimisasi Energi Terbarukan dalam Pembangkitan Energi Listrik Menuju desa Mandiri Energi di Desa Margajaya”*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- [8] Kunaifi. (2010). *“Program Homer Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrida di Propinsi Riau”*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Pekanbaru. ISSN: 1979-2328.
- [9] Muhibbur Rohman. (2012). *“Optimalisasi Perancangan Solar Home System menggunakan HOMER”*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- [10] Mean Well. (2016). *Inverter*, <https://www.meanwellweb.com/en/products/dc-ac-inverter/>, diakses pada 31 Juli 2016.
- [11] NASA. 2016. *Surface meteorology and Solar Energy*. eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/, diakses pada 7 Februari 2016
- [12] PT. PLN (Persero). 2011. *Mengenal Sistem Kelistrikan*, www.pln.co.id, diakses pada 2 Agustus 2016.
- [13] Peta Kelurahan Pulau Terong. 2016. www.google.co.id/maps, diakses pada 24 Juli 2016
- [14] *Perlight Solar Energy System Solar Panels System Off Grid Solar Inverter 3kW*. 2016. www.alibaba.com/, diakses pada 18 Februari 2016.
- [15] Sabhan Kanata dan Rifriyanto Buhohang. (2014). *“Pemodelan Pembangkit Listrik Hybrid Berbasis Energi Terbarukan Menuju Desa Mandiri Energi Di Kecamatan Pinolosian Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan”*. *Electrichsan*, Vol. 01, No.02.
- [16] *Solar Panel 100 Wp monocrystalline*. 2016. scomart.com, diakses pada 18 Februari 2016.
- [17] Solar Surya Indonesia. (2016). *Mengenal Teknologi Solar PV*, <http://solarsuryaindonesia.com/> diakses pada 31 Juli 2016.
- [18] Suku Bunga BI. 2016. www.bi.go.id/, diakses pada 14 Mei 2016.
- [19] Tom Lambert, dkk. (2006). *“Micropower System Modeling with HOMER”*.
- [20] Tri Suhartanto. (2014). *“Tenaga Hibrid (Angin dan Surya) di Pantai Baru Pandansimo Bantul Yogyakarta”*. ISSN 2301 – 4156.
- [21] Tingkat Inflasi Kota Batam. 2016. batamkota.bps.go.id/, diakses pada 14 Mei 2016.
- [22] *Vision 6FM200D-X Battery 12V 200Ah Sealed Rechargeable Deep Cycle*. 2016. www.osibatteries.com/, diakses pada 22 Juni 2016.
- [23] Yuliarto, B. (2011). *Solar Sel Sumber Energi Terbarukan Masa Depan*, www.esdm.go.id/berita/artikel/, diakses pada 02 Agustus 2016